

# الگوریتمی برای اندازه‌گیری قابلیت خدمت‌رسانی زنجیره‌های تأمین، با رویکرد MCDM فازی

ابوالفضل کزازی<sup>۱\*</sup>، عادل آذر<sup>۲</sup>، ابودر زنگویی‌نژاد<sup>۳</sup>

۱- دانشیار گروه مدیریت دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

۲- استاد گروه مدیریت دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳- دانشجوی دکتری مدیریت سیستم‌ها دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

پذیرش: ۸۸/۸/۲۴

دریافت: ۸۶/۹/۲۶

## چکیده

هدف اصلی این مقاله ارائه الگوریتمی بر پایه رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، به منظور اندازه‌گیری قابلیت خدمت‌رسانی زنجیره‌های تأمین در راستای افزایش رضایت‌مندی مشتریان است. برای این منظور، در ابتدا شاخص‌های ارزیابی عملکرد از طریق مرور پیشینه تحقیق درخصوص عملکرد و خدمت‌رسانی زنجیره‌های تأمین، شناسایی شدند، سپس، برای انتخاب شاخص‌های مناسب به منظور اندازه‌گیری قابلیت خدمت‌رسانی زنجیره‌های تأمین، از تکنیک غربالگری فازی استفاده شد. علاوه بر این، ضریب اهمیت نسبی هر یک از شاخص‌های منتخب با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی تعیین شد و از تکنیک TOPSIS فازی برای رتبه‌بندی عملکرد زنجیره‌های تأمین در ایجاد رضایت‌مندی مشتری استفاده شد. در گام پایانی، ضمن قطعی‌سازی مقادیر فازی شاخص‌های منتخب در قالب چهار مؤلفه اصلی، اندازه قابلیت خدمت‌رسانی هر زنجیره تأمین بر روی نمودار چهار وجهی ترسیم گردید. اجرای الگوریتم پیشنهادی در یک مطالعه موردی نشان داد که این چارچوب از کارایی و اعتبار عملی بالایی برخوردار است.

**کلیدواژه‌ها:** زنجیره‌های تأمین، رضایت مشتری (خدمت‌رسانی)، غربال‌سازی فازی، TOPSIS فازی، مدل SCOR.

## ۱- مقدمه

زنجیره تأمین<sup>۱</sup>، شبکه‌ای از سازمان‌ها است که با ارتباطی بالادستی به پایین‌دستی در فرایندها و فعالیت‌هایی درگیرند و به صورت محصولات و خدمات ارائه شده به مشتری نهایی تولید ارزش می‌کنند [۱]. هدف همه کسانی که در زمینه زنجیره‌های تأمین فعالیت می‌کنند، افزایش رقابت‌پذیری<sup>۲</sup> یا همان افزایش خدمت به مشتری است، زیرا امروزه از دید مشتری نهایی یک واحد سازمانی، به تنهایی در مورد رقابت‌پذیری محصولات یا خدماتش مسئول نیست و زنجیره تأمین، همه سازمان‌ها را یکجا در نظر می‌گیرد؛ بنابراین رقابت<sup>۳</sup> از شرکت‌ها به سمت زنجیره‌های تأمین جابه‌جا شده است [۲؛ ۳؛ ۴]. خدمات ارائه شده و عدم تطابق آن با هزینه‌ها و درآمدها، عدم برخورداری از اطلاعات کافی درباره خدمات ارائه شده برای پاسخگویی به شکایات و خواسته‌های مشتریان و عدم تمرکز استراتژیک در زنجیره تأمین، ضرورت اندازه‌گیری خدمت‌رسانی به مشتری، عملکرد و بهبود مستمر را در زنجیره تأمین نشان می‌دهد [۵؛ ۶]. اندازه‌گیری خدمت‌رسانی به مشتریان، به عنوان یک ابزار مدیریتی لازم‌الاجرا، رهنمودهای لازم را برای بهبود عملکرد برای دستیابی به بهترین کارکرد و رضایت‌مندی مشتریان در زنجیره تأمین ارائه می‌کند [۷؛ ۸].

تئوری‌ها و روش‌های مختلفی برای ارزیابی خدمت‌رسانی و عملکرد سازمان‌ها در سال‌های گذشته ارائه شده است. این رویکردها، شامل ارزیابی نسبی<sup>۴</sup>، ارزیابی تولید کل<sup>۵</sup>، تحلیل رگرسیون<sup>۶</sup>، تحلیل دلفی<sup>۷</sup>، کارت امتیازی متوازن<sup>۸</sup>، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی<sup>۹</sup>، تحلیل پوششی داده‌ها<sup>۱۰</sup> و ... است [۹]. انتخاب هریک از این روش‌ها توسط مدیران یا تصمیم‌گیران، به منظور ارزیابی عملکرد و خدمت‌رسانی، به نوع و وضعیت سازمان مورد نظر بستگی دارد. با این حال، اندازه‌گیری عملکرد و خدمات‌رسانی در زنجیره‌های تأمین تا حدود زیادی با

- 
- 1.. Supply chain
  2. Competitiveness
  3. Competition
  4. Ratio analysis
  5. Total production analysis
  6. Regression analysis
  7. Delphi analysis
  8. Balanced Scorecard(BSC)
  9. Analytic Hierarchical Process(AHP)
  10. Data Envelopment Analysis(DEA)

سازمان‌ها متفاوت است. اصلی‌ترین عامل تفاوت، همانا وابستگی عملکرد سازمان‌های درگیر در یک زنجیره تأمین، به عملکرد سایر سازمان‌های درگیر در زنجیره می‌باشد. مدل مرجع عملیات‌های زنجیره تأمین<sup>۱</sup> یک ابزار ارزشمند برای تحلیل، برنامه‌ریزی و کنترل زنجیره‌های تأمین برای دستیابی به اهداف از پیش تعیین‌شده زنجیره‌های تأمین است [۱۱؛۱۰]. مدل مرجع عملیات‌های زنجیره‌های تأمین، فعالیت‌های زنجیره تأمین را به‌عنوان یکسری فرایندهای میان‌سازمانی با مدیریت واحد فرض می‌کند که هر سازمان به‌طور مستقل دربرگیرنده چهار فعالیت برنامه‌ریزی، منبع‌یابی، تولید و تحویل می‌باشد. هر یک از این فعالیت‌ها به‌عنوان یک فرایند میان‌سازمانی کلیدی در زنجیره‌های تأمین با چهار معیار مورد ارزیابی و اندازه‌گیری قرار می‌گیرند [۱۲].

این چهار معیار عبارت‌اند از:

(۱) قابلیت اطمینان زنجیره تأمین<sup>۲</sup>؛

(۲) انعطاف‌پذیری / پاسخگویی<sup>۳</sup>؛

(۳) هزینه‌ها؛

(۴) دارایی‌ها<sup>۴</sup>.

از زمانی که بلمن و زاده<sup>۵</sup> (۱۹۷۰) تئوری رفتار تصمیم در محیط فازی را توسعه داده‌اند، مدل‌های گوناگونی توسط دیگران توسعه‌یافته و به‌کار گرفته شده است [۱۳]. ترکیب مفاهیم تئوری فازی و تصمیم‌گیری چندمعیاره، به‌عنوان تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی<sup>۶</sup> تعریف می‌شود. کاربردهای عملی گوناگون استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی در ارزیابی معیارها و انتخاب گزینه‌ها، در مطالعات گوناگونی نشان داده شده است [۱۵؛۱۴]. اصولاً، مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره ابتدا به جنبه‌های مجزا طبقه‌بندی می‌شوند و استراتژی‌ها / (گزینه‌های) مختلف و معیارها براساس نظرات گوناگون ذینفعان تعریف می‌شوند. سپس، مجموعه محدودی از استراتژی‌ها/گزینه‌ها براساس چندین معیار مورد ارزیابی قرار می‌گیرند [۱۷؛۱۶]. مشابه اغلب موارد ارزیابی، تعدادی معیار باید برای ارزیابی میزان

---

1. Supply Chain Operations Reference Model(SCOR Model)  
2. Supply Chain Reliability  
3. Flexibility/Responsiveness  
4. Assets  
5. Bellman and Zadeh  
6. Fuzzy MCDM

خدمت‌رسانی و عملکرد زنجیره‌های تأمین، انتخاب گردد؛ بنابراین، ارزیابی قابلیت زنجیره‌های تأمین در خدمت‌رسانی به مشتریان نیز می‌تواند به‌عنوان یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره، مورد توجه قرار گیرد.

در این تحقیق، رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی براساس چهار معیار مدل مرجع عملیات‌های زنجیره تأمین، برای ایجاد الگوریتمی، به‌منظور ارزیابی قابلیت زنجیره‌های تأمین در افزایش رضایت‌مندی مشتریان پیشنهاد شد. بدین منظور، در بخش بعدی به مرور تحقیقات و نظریات ارائه‌شده در زمینه ارزیابی عملکرد و خدمت‌رسانی در زمینه مدیریت زنجیره تأمین پرداخته می‌شود. و شاخص‌های تحلیل قابلیت زنجیره‌های تأمین در افزایش رضایت‌مندی مشتریان در قالب مدل مرجع عملیات‌های زنجیره تأمین معرفی می‌شود. در بخش ۳، الگوریتم پیشنهادی برای ارزیابی قابلیت زنجیره‌های تأمین در افزایش رضایت‌مندی مشتریان و روش‌های تحلیلی مورد استفاده در تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی برای ارزیابی خدمت‌رسانی زنجیره‌های تأمین بیان می‌شود. سپس برای تست الگوریتم پیشنهادی (بخش ۴)، یک مطالعه موردی بر روی زنجیره‌های تأمین صنعت شناورسازی انجام می‌شود. در بخش ۵، نتیجه‌گیری تحقیق ارائه می‌شود.

## ۲- ارزیابی قابلیت خدمت‌رسانی (رضایت‌مندی مشتری) و مدل مرجع عملیات‌های زنجیره تأمین

در این بخش به‌طور خلاصه مفاهیم ارزیابی قابلیت خدمت‌رسانی (عملکرد) در زنجیره‌های تأمین و مدل مرجع عملیات‌های زنجیره تأمین پرداخته می‌شود.

### ۲-۱- ارزیابی عملکرد/قابلیت خدمت‌رسانی

به‌طور سنتی، اندازه‌گیری عملکرد به‌عنوان فرایند کمی‌سازی اثربخشی و کارایی عملیات تعریف شده است [۱۸]. در مدیریت کسب‌وکار جدید، اندازه‌گیری عملکرد نقش بسیار مهم‌تری از کمی‌سازی و فرایند حسابداری دارد. سینک و توتل<sup>۱</sup> (۱۹۸۹) بیان می‌کنند که «آنچه را که نمی‌توانید اندازه‌گیری کنید، نمی‌توان مدیریت کرد». اندازه‌گیری عملکرد در مدیریت زنجیره

1. Sink and tuttle

تأمین می‌تواند درک درونی و یکپارچه‌سازی میان اعضای زنجیره تأمین را آسان کند. همچنین، اطلاعاتی را درخصوص اثربخشی استراتژی‌ها، شناسایی عوامل حیاتی موفقیت و فرصت‌های بالقوه فراهم می‌آورد [۲۱:۲۰؛ ۱۹]. بیمون<sup>۱</sup> (۱۹۹۸) معیارهای عملکردی در زمینه اندازه‌گیری عملکرد زنجیره‌های تأمین را در دو گروه دسته‌بندی می‌کند [۷، ص ۲۱۴]: کیفی و کمی. بیمون (۱۹۹۹) برای اندازه‌گیری عملکرد در زنجیره تأمین، سه نوع معیار را طراحی و ارائه می‌کند [۲۲]: منابع، خروجی و انعطاف‌پذیری. گوناسکاران و همکاران (۲۰۰۱) چارچوبی را برای اندازه‌گیری عملکرد شامل سطوح استراتژیک، تاکتیکی و عملیاتی در زنجیره‌های تأمین توسعه دادند [۲۳].

در حال حاضر به سیستم‌های اندازه‌گیری عملکرد سنتی که نشانگرهای مالی را موردتوجه قرار می‌دهند، انتقادات زیادی از قبیل داشتن نگرش کوتاه‌مدت و سودمحوربودن، بهینه‌سازی بخشی و محدود، ضعف در پشتیبانی از بهبود مستمر و داشتن معیارهای تک‌بعدی، وارد می‌گردد [۲۴]. علاوه بر این، سیستم‌های اندازه‌گیری عملکرد در زمینه مدیریت زنجیره تأمین با مشکلات عدیده‌ای که در ذیل فهرست گردیده‌اند، مواجه هستند [۲۲، ص ۲۸۰؛ ۲۴، ص ۵۲]: (۱) در ارتباط با استراتژی‌ها نیستند؛ (۲) فقدان رویکرد توازنی به یکپارچه‌سازی معیارهای مالی و غیرمالی؛ (۳) فقدان تفکر سیستمی که در یک زنجیره تأمین باید به‌عنوان یک موجودیت کل در نظر گرفته شود و اندازه‌گیری، تمام این کل را دربرگیرد و (۴) بهینه‌سازی بخشی و محدود. توسعه یک ابزار ارزیابی عملکرد جهت توسعه و موفقیت مدیریت زنجیره تأمین بسیار پیچیده است و همواره با سؤالاتی اساسی، از قبیل آیا سیستم ارزیابی باید شامل یک یا چند سازمان گردد؟ آیا سیستم ارزیابی باید شامل یک یا چند محصول گردد؟ مواجه است [۲۵]. به‌طوررسمی، زنجیره تأمین دارای چهار سطح یا پلکان<sup>۲</sup> تأمین، تولید، توزیع و مشتریان است که هر سطح یا پلکان زنجیره می‌تواند شامل تسهیلات متعددی باشد؛ بنابراین، پیچیدگی زنجیره تأمین از تعداد سطوح در زنجیره و تعداد تسهیلات در هر سطح ناشی می‌شود. پیچیدگی ذاتی در زنجیره‌های تأمین، طراحی سیستم ارزیابی عملکرد آن را مشکل می‌سازد. هدف این تحقیق، توسعه چارچوبی برای ارزیابی عملکرد زنجیره‌های تأمین یک صنعت است.

---

1. Beamon  
2. Echelon



## ۲-۲- مدل مرجع عملیات‌های زنجیره‌های تأمین

مدل مرجع عملیات‌های زنجیره تأمین، اولین چارچوب کلی برای ارزیابی و بهبود عملکرد زنجیره تأمین به‌شمار می‌رود. مدل مرجع عملیات‌های زنجیره تأمین تعاریف استاندارد، واژه‌شناسی و واحدهای اندازه‌گیری بسیار وسیعی، به‌منظور ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین و همچنین تحلیل رقابت‌پذیری زنجیره تأمین دارد. قابلیت‌های این مدل بدان صورت است که به شرکت‌ها امکان می‌دهد [۲۶:۲۷] به‌طور مؤثری فرایندهای خود را ارزیابی کنند، اهداف رقابتی خود را دنبال کنند و با استفاده از اطلاعات، الگوبرداری<sup>۱</sup> کنند و بهترین روش فعالیت‌های خود را اولویت‌بندی نمایند. در مدل مرجع عملیات‌های زنجیره تأمین، تحلیل اساس رقابت، عملکرد و میزان قابلیت زنجیره‌های تأمین در افزایش رضایتمندی بین زنجیره‌های تأمین بر پایه مقیاس‌هایی که مقیاس‌های سطح یک‌مدل هم گفته می‌شوند، صورت می‌گیرد. مقیاس‌های تحلیل رقابت‌پذیری، عملکرد و خدمت‌رسانی زنجیره‌های تأمین عبارت‌اند از [۲۷، ص ۳۸۳؛ ۲۸؛ ۲۹]:

### ۱-۲-۲- بعد خارجی (برخورد با مشتری)

آن قسمت از فرایند رقابت‌پذیری است که در ارتباط با مشتریان زنجیره تأمین محقق می‌شود. این بعد شامل معیارهای قابلیت اطمینان و انعطاف‌پذیری / واکنش‌پذیری است. قابلیت اطمینان به معنای قابلیت یک زنجیره تأمین در پایبندی به تعهداتش است. معیار قابلیت اطمینان دارای شاخص‌های عملکرد تحویل، نرخ تکمیل، زمان تأخیر تکمیل سفارش و تکمیل کامل سفارش است. انعطاف‌پذیری عبارت است از قابلیت پاسخگویی یا تطبیق با شرایط جدید. شاخص‌های تشکیل‌دهنده معیار انعطاف‌پذیری / واکنش‌پذیری عبارت‌اند از: پاسخگویی زنجیره تأمین و انعطاف‌پذیری تولید.

### ۲-۲-۲- بعد داخلی (برخورد داخلی)

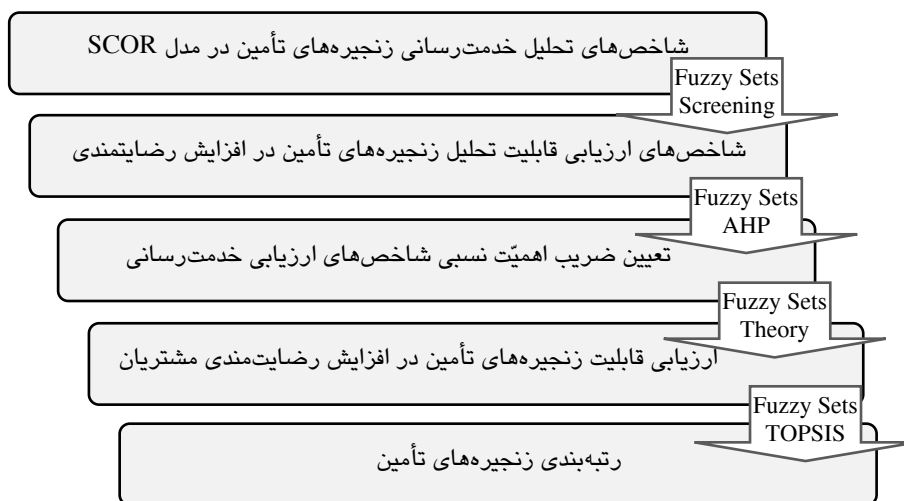
آن قسمت از فرایند رقابت‌پذیری است که در ارتباط با فرایندهای درونی زنجیره‌های تأمین محقق می‌شود. این بعد از دو معیار هزینه و دارایی تشکیل می‌شود. شاخص‌های معیار هزینه، عبارت‌اند از: هزینه کل مدیریت لجستیک، بهره‌وری ارزش افزوده کارکنان و هزینه ضمانت. معیار دارایی دارای

سه شاخص با عناوین زمان چرخه نقد-به-نقد، روزهای تأمین موجودی و گردش دارایی است.

### ۳- الگوریتم ارزیابی قابلیت خدمت‌رسانی زنجیره‌های تأمین و روش‌های

#### تحلیلی

الگوریتم تحلیلی و پیشنهادی این تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است. تحلیل قابلیت زنجیره‌های تأمین در افزایش رضایتمندی مشتریان، براساس شاخص‌های انتخابی انجام خواهد شد. بدین منظور، ابتدا با استفاده از غربال‌سازی فازی که یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره با چند فرد خبره است، شاخص‌های مناسب برای ارزیابی زنجیره‌های تأمین انتخاب خواهند شد، سپس، از رویکرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی برای تعیین وزن نسبی هر یک از شاخص‌های ارزیابی قابلیت زنجیره‌های تأمین در افزایش رضایتمندی مشتریان استفاده می‌شود. در گام چهارم، با استفاده از پرسشنامه‌ای بر مبنای طیف پنج مقیاسی لیکرت فازی، اطلاعات موردنیاز برای تعیین مقادیر فازی این شاخص‌ها، در هر یک از زنجیره‌های تأمین مورد بررسی، به‌دست می‌آید. آنگاه، زنجیره‌های تأمین مورد بررسی با استفاده از تکنیک TOPSIS فازی رتبه‌بندی خواهند شد.



شکل ۱ الگوریتم پیشنهادی تحقیق

### ۳-۱- تنوری مجموعه فازی

عبارتهایی از قبیل «واضح نیست»، «شاید این طوری» و «بسیار محتمل» اغلب در زندگی روزمره استفاده می‌شوند و درجه قطعیت بیشتر یا کمتر تفکر انسان را نشان می‌دهند. تنوری مجموعه فازی<sup>۱</sup> که در سال ۱۹۶۵ توسط لطفی‌زاده پیشنهاد شد، یکی از مفاهیم بسیار مهم کاربردی در محیط‌های علمی می‌باشد که برای سایر رشته‌های علمی قابل استفاده است [۳۰]. بنابراین، تنوری فازی تبدیل به ابزار مفیدی برای کنترل و هدایت فعالیت‌های انسان با اطلاعات عدم قطعیت محور گردید. بر این اساس، این تحقیق، تنوری فازی را با ارزیابی قابلیت زنجیره‌های تأمین در افزایش رضایت‌مندی مشتریان از طریق عینی کردن قضاوت‌های ذهنی ارزیابان ترکیب می‌کند.

#### ۳-۱-۱- عدد فازی

در تنوری مجموعه‌های قطعی، ارزش واقعی هر عبارت می‌توانست از طریق تابع عضویت<sup>۲</sup> یعنی  $\mu_A^{(x)}$  گردد:

$$\mu_A^{(x)} = \begin{cases} 1 & \text{if } x \in A. \\ 0 & \text{if } x \notin A. \end{cases} \quad (1)$$

اعداد فازی در واقع زیرمجموعه‌های فازی از اعداد واقعی هستند و آن‌ها توسعه ایده فاصله اطمینان را نشان می‌دهند. براساس تعریف دوبیس و پراد (۱۹۷۸)، عدد فازی  $\tilde{A}$  یک مجموعه فازی است [۳۱] و تابع عضویت آن عبارت است از:

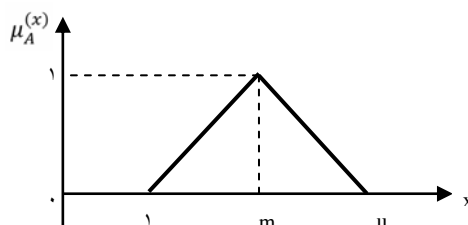
$$\mu_{\tilde{A}}^{(x)}: R \rightarrow [0, 1] \quad (0 \leq \mu_{\tilde{A}}^{(x)} \leq 1, x \in X)$$

برای نمونه، عدد فازی مثلثی<sup>۳</sup>،  $\tilde{A} = (l, m, u)$  می‌تواند براساس معادله ۲ تعریف شود و تابع عضویت عدد فازی مثلثی در شکل ۲ ترسیم شده است.

$$\mu_{\tilde{A}}^{(x)} = \begin{cases} (x-l)/(m-l) & \text{if } l \leq x \leq m, \\ (u-x)/(u-m) & \text{if } m \leq x \leq u, \\ 0 & \text{if در غیر اینصورت} \end{cases}$$

1. Fuzzy sets theory  
2. Membership function  
3. Triangular fuzzy number(TFN)

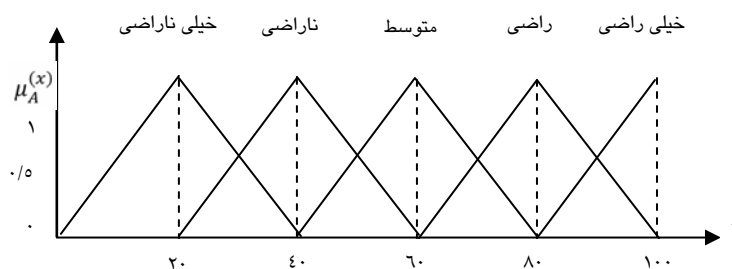




شکل ۲ تابع عضویت عدد فازی مثلثی

### ۲-۱-۳- متغیر زبانی

متغیرهای زبانی<sup>۱</sup>، متغیرهایی هستند که با آن‌ها ارزش کلمات یا عبارات در زبان طبیعی یا مصنوعی بیان می‌شوند؛ به عبارت دیگر، در زبان طبیعی از متغیرهایی که مقادیر آن‌ها نادقیق و مبهم هستند، بیشتر از متغیرهای معمولی که مقادیر آن‌ها دقیق و کاملاً مشخص‌اند، استفاده می‌شود [۱۵، ص ۵۷۸؛ ۳۲] ارزش‌های ممکن برای این متغیرهای زبانی می‌تواند «خیلی ناراضی»، «ناراضی»، «متوسط»، «راضی» و «خیلی راضی» باشد. معمولاً از ارزیابان درخواست می‌شود که قضاوتشان را از طریق متغیرهای زبانی انجام دهند که می‌توان برای هر یک از آن‌ها به کمک عدد فازی مثلثی مقیاسی بین ۰-۱۰۰ در نظر گرفت؛ برای مثال، تابع عضویت سطوح پنج‌گانه متغیرهای زبانی فوق در شکل ۳ آورده شده است.



شکل ۳ تابع عضویت سطوح پنج‌گانه متغیرهای زبانی

برای نمونه، متغیر زبانی «راضی» می‌تواند با عدد مثلثی (۶۰، ۸۰، ۱۰۰) نشان داده شود. علاوه بر این، هر ارزیاب می‌تواند به‌طور شخصی طیف ذهنی خود را از یک متغیر زبانی بازتعریف نماید. امروز استفاده از متغیرهای زبانی به‌طور وسیعی کاربرد یافته است. در این مقاله، متغیر زبانی ارائه شده توسط عدد فازی مثلثی به منظور ارزیابی ذهنی ارزیابان برای انتخاب شاخص‌های مناسب برای زنجیره‌های تأمین مورد بررسی، تعیین ضریب اهمیت نسبی شاخص‌ها و تعیین میزان قابلیت زنجیره‌های تأمین در افزایش رضایتمندی مشتریان از طریق ارائه ارزش برای هر شاخص مورد استفاده قرار می‌گیرند.

### ۲-۳- غربال‌سازی فازی

مسائل غربال‌سازی معمولاً با زیرمجموعه‌های بزرگ ( $X$ ) از مجموعه گزینه‌های ممکن شروع می‌شود. هر گزینه اساساً با حداقل اطلاعات مورد نیاز توصیف می‌شود که بیانگر مناسب بودن آن به عنوان بهترین گزینه می‌باشد. این حداقل اطلاعات فراهم‌شده به‌وسیله گزینه‌ها، برای انتخاب یک زیرمجموعه  $A$  از  $X$  در بررسی‌های بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مسائل غربال‌سازی فازی در کنار داشتن ویژگی حداقل اطلاعات، به‌طور کلی دربرگیرنده مشارکت چند نفر در فرایند تصمیم‌گیری می‌باشند. افرادی که نظرات آن‌ها باید در فرایند تصمیم‌گیری در نظر گرفته شود، خبره<sup>۱</sup> نامیده می‌شوند. تصمیم هر یک از افراد خبره براساس چند معیار ارائه می‌شود؛ بنابراین این تکنیک، مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره با چند فرد خبره<sup>۲</sup> و با حداقل اطلاعات می‌باشد.

فرایند غربال‌سازی فازی، یک فرایند دو مرحله‌ای است؛ در مرحله اول از هر فرد خبره خواسته می‌شود تا علاوه بر وزندهی به معیارهای مختلف، ارزیابی خود را از هر گزینه ارائه دهد. این ارزیابی شامل رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس معیارهای مختلف می‌باشد [۳۳]. این ارزیابی از اقتناع معیارها توسط گزینه‌ها در قالب عناصر مقیاس ( $S$ ) انجام می‌گیرد (بینهایت:  $S_7$ ؛ خیلی زیاد:  $S_6$ ؛ زیاد:  $S_5$ ؛ متوسط:  $S_4$ ؛ کم:  $S_3$ ؛ خیلی کم:  $S_2$ ؛ هیچ:  $S_1$ ). در این مرحله، نمره واحد<sup>۳</sup> گزینه‌ها توسط هر فرد خبره ( $U$ ) به‌صورت زیر محاسبه می‌شود<sup>۱</sup>:

1. Expert  
2. Multi Expert-Multi Criteria Decision Making (ME-MCDM)  
3. Unit Score

$U_{ik} = \min_j \{Neg(I_{kj}) \vee \pi_{ikj}\}$ ;  $i$  (گزینه) =  $1/2, \dots, m$ ;  $j$  (معیار) =  $1/2, \dots, n$ ;  $k$  (خبره) =  $1/2, \dots, r$   
 که  $U_{ik}$ ، نمره واحد فرد خبره  $k$  در ارتباط با گزینه  $i$ ؛  $I_{kj}$ ، درجه اهمیت معیار  $j$  از نظر فرد خبره  $k$ ؛  $\pi_{ikj}$ ، میزان اقتناع معیار  $j$  از نظر فرد  $k$ ؛  $Neg(S_i) = S_{v-i+1}$ ، اندازه منفی  $i$ ، اهمیت  $i$  گزینه  $i$  می باشد.

در مرحله دوم، ارزیابی فردی افراد خبره با یکدیگر ترکیب می شوند تا یک ارزش واحد برای هر گزینه به دست آید. این ارزیابی واحد می تواند به عنوان راهنما در فرایند تصمیم گیری مورد استفاده قرار گیرد. در ابتدا، لازم است یک تابع اجماع نظر،  $Q$ ، برای بدنه تصمیم گیری تعیین نماییم. این تابع بیان می کند که یک گزینه باید چه امتیازی از ترکیب نظرات سایر افراد خبره کسب کند تا یک گزینه مورد قبول شود و از فرایند غربال سازی عبور نماید. سپس برای هر یک از گزینه ها، ارزیابی واحد افراد خبره باید به صورت نزولی مرتب شود و می توان ارزیابی کلی از گزینه  $i$  را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$U_i = \max_j \{Q(j) \wedge B_{ij}\}; \quad i = 1/2, \dots, m \quad (2)$$

که در رابطه فوق؛  $B_{ij}$  بیانگر ارزش  $i$  گزینه  $i$ ،  $Q(j)$ ، بیانگر آن است که تصمیم گیرنده چقدر احساس می کند که حمایت حداقل  $j$  فرد خبره لازم دارد،  $Q(j) \wedge B_{ij}$  را می توان به عنوان وزندهی به  $i$  گزینه  $i$  بر اساس خواست تصمیم گیرنده در نظر گرفت و عملگر  $\max$  نقش جمع را در روش میانگین گیری عددی معمولی ایفا می نماید.

### ۳-۳- فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی

فرایند تحلیل سلسله مراتبی توسط ساعتی<sup>۲</sup> اختراع شد [۳۴؛ ۳۵]. این تکنیک، رویکردی مفید برای حل مسائل تصمیم گیری پیچیده است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی اقدام به اولویت بندی اهمیت نسبی لیستی از معیارها (شاخص های اصلی یا زیرشاخص ها) از طریق انجام مقایسات زوجی میان معیارها توسط کارشناسان مربوطه و براساس مقیاس ۹ نقطه ای<sup>۳</sup> می کند. بوکلی<sup>۴</sup>

۱. مرجع مطالب آورده شده در این قسمت، رفرنس شماره ۳۳ می باشد.

2. Negative of importance  
 3. Saaty  
 4. Nine-point scale  
 5. Buckley

برای نخستین بار در سال ۱۹۸۵ تئوری فازی را در تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به کار گرفت و آن را فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی نام‌گذاری کرد [۳۶]. معمولاً محاسبه نرخ سازگاری<sup>۱</sup> نیز در درون ماتریس فازی انجام می‌گیرد. مراحل اجرای تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی برای تعیین ضرایب اهمیت نسبی در زیر نشان داده شده است:

گام ۱: ساخت ماتریس‌های مقایسه زوجی فازی. با استفاده از پرسش‌نامه خبرگان، هر خبره یک متغیر زبانی را از طریق عدد فازی مثلثی (همان‌طور که در جدول ۱ و شکل ۴ نشان داده شده است) به مقایسه زوجی بین معیارها و سپس بین گزینه‌ها براساس معیارها اقدام می‌نماید. نتیجه مقایسات در قالب ماتریس‌های مقایسه زوجی فازی ( $\tilde{A}$ )، همان‌طور که در معادله (۵) نشان داده شده است، بیان می‌شود.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \sqrt{\tilde{a}_{12}} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sqrt{\tilde{a}_{1n}} & \sqrt{\tilde{a}_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

گام ۲: بررسی سازگاری ماتریس‌های مقایسه زوجی فازی. براساس تحقیق بوکلی (۱۹۸۵)، وی نشان داد که اگر  $A = [a_{ij}]$  یک ماتریس متقارن مثبت باشد  $\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}]$  آنگاه یک ماتریس متقارن مثبت می‌باشد. یعنی، اگر نتیجه مقایسات  $A = [a_{ij}]$  سازگار باشد، آنگاه می‌توان ادعا نمود که نتیجه مقایسات  $\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}]$  نیز سازگار خواهد بود. بنابراین، این تحقیق روش مذکور را برای تأیید اعتبار پرسشنامه‌ها، مورد استفاده قرار می‌دهد.

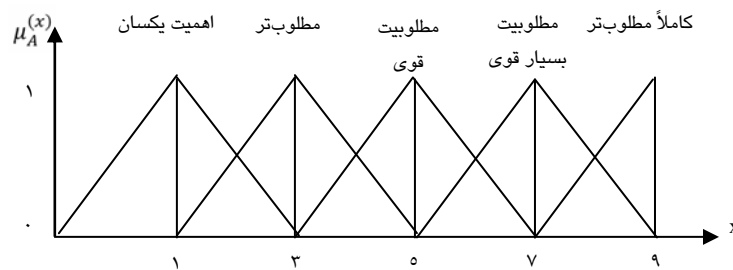
جدول ۱ تابع عضویت مقیاس زبانی

عدد فازی	مقیاس زبانی	عدد فازی مثلثی $(\tilde{a}_{ij})$	متقارن عدد فازی مثلثی
۹	کاملاً مطلوب‌تر	(۷, ۹, ۹)	(۱/۹, ۱/۹, ۱/۷)
۷	مطلوبیت بسیار قوی	(۵, ۷, ۹)	(۱/۹, ۱/۷, ۱/۵)
۵	مطلوبیت قوی	(۳, ۵, ۷)	(۱/۷, ۱/۵, ۱/۳)
۳	مطلوب‌تر	(۱, ۳, ۵)	(۱/۵, ۱/۳, ۱)
۱	اهمیت یکسان	(۱, ۱, ۳)	(۱/۳, ۱, ۱)
۸, ۶, ۴, ۲	مقادیر بینابینی		

1. Consistent ratio

گام ۳: محاسبه میانگین هندسی فازی برای هر معیار. تکنیک هندسی مورد استفاده برای محاسبه میانگین هندسی ( $\tilde{r}_i$ ) ارزش مقایسه فازی معیار  $i$  نسبت به هر معیار در معادله ۶ نشان داده شده است که  $\tilde{a}_{in}$  رزش فازی مقایسه زوجی معیار  $i$  نسبت به  $n$  معیار است [۳۶، ص ۲۴۰].

$$\tilde{r}_i = [\tilde{a}_{i1} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in}]^{1/n} \quad (6)$$



شکل ۴ تابع عضویت متغیرهای زبانی جهت مقایسات زوجی

گام ۴: محاسبه وزن فازی از طریق نرمال‌سازی. وزن فازی معیار  $i$  ( $\tilde{w}_i$ ) از معادله ۷ محاسبه می‌شود.

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \quad (7)$$

#### ۴-۳- TOPSIS فازی

مدل TOPSIS توسط هوانگ و یون<sup>۱</sup> در سال ۱۹۸۱، پیشنهاد شد. این مدل، یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که از آن استفاده زیادی می‌شود. در این روش نیز  $m$  گزینه به وسیله  $n$  شاخص، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد [۳۷]. اساس این تکنیک، بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی، باید کمترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد.

1. Hwang & Yoon

در دنیای امروز که پیچیدگی‌ها و عدم اطمینان‌ها رو به فزونی گذاشته‌اند، سعی شده است تا متناسب با چنین شرایطی، مدل TOPSIS را با استفاده از متغیرهای کلامی و زبانی یا به عبارت دیگر متغیرهای غیر عددی به کار گیرند. در TOPSIS فازی، قبل از هر نوع محاسبه‌ای، ابتدا واژه‌های کیفی با معیارهای مناسبی به اعداد فازی تبدیل می‌شوند. اعداد فازی با استفاده از روش‌های فازی‌زدایی به اعداد حقیقی تبدیل می‌شوند [۳۷، ص ۴۴۹]. به دلیل آن‌که در این تحقیق برای رتبه‌بندی زنجیره‌های تأمین از تکنیک TOPSIS فازی از نرم‌افزار تصمیم‌گیری فازی<sup>۱</sup> استفاده شد، از ارائه گام‌های محاسباتی این تکنیک در مقاله خودداری می‌کنیم.

#### ۴- مطالعه موردی- ارزیابی قابلیت زنجیره‌های تأمین در افزایش رضایتمندی مشتریان

چهار معیار اصلی مدل SCOR به‌عنوان چارچوبی برای شناسایی و انتخاب شاخص‌های ارزیابی خدمت‌رسانی زنجیره‌های تأمین شناورسازی مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه، اجرای الگوریتم پیشنهادی در حوزه زنجیره‌های تأمین شناورسازی و نتایج تحلیلی اجرای الگوریتم آورده شده است.

##### ۴-۱- ساختار سلسله‌مراتبی شاخص‌های مدل SCOR برای ارزیابی خدمت‌رسانی زنجیره‌های تأمین

از منظر چهار معیار مدل مرجع عملیات‌های زنجیره تأمین، ۱۲ شاخص کلیدی سطح یک برای ارزیابی عملکرد و میزان خدمت‌رسانی زنجیره‌های تأمین مطرح است، اما برای به‌کارگیری مدل مرجع عملیات‌های زنجیره تأمین، به‌منظور تحلیل میزان خدمت‌رسانی و قابلیت افزایش رضایتمندی مشتریان زنجیره‌های تأمین شناورسازی، از تکنیک غربال‌سازی فازی به‌منظور انتخاب شاخص‌های ارزیابی خدمت‌رسانی متناسب با این نوع زنجیره‌های تأمین استفاده شد. پرسش‌نامه‌های تکنیک غربال‌سازی فازی توسط بیست و یک نفر از خبرگان صنعت کشتی‌سازی تکمیل شد. براساس نظرات خبرگان و انتخاب مقیاس «متوسط» به‌عنوان تابع اجماع‌نظر در این تحقیق، شش شاخص کلیدی برای ارزیابی قابلیت زنجیره‌های تأمین شناورسازی در افزایش

1. Fuzzy decision making software

رضایت‌مندی مشتریان انتخاب شد. ساختار سلسله‌مراتبی شاخص‌های مدل مرجع عملیات‌های زنجیره تأمین در شکل شماره ۵ آورده شده است. شاخص‌های انتخابی در تکنیک غربال‌سازی فازی برای به‌کارگیری در مراحل بعدی الگوریتم عبارت‌اند از:  $R_4, F_1, C_1, C_2, A_1$  و  $A_2$ .

#### ۲-۴- ضریب اهمیت نسبی شاخص‌های انتخابی

بر اساس ساختار سلسله‌مراتبی مدل مرجع عملیات‌های زنجیره تأمین برای ارزیابی قابلیت زنجیره‌های تأمین در افزایش رضایت‌مندی مشتریان، پرسشنامه تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی بر اساس عدد فازی مثلثی تهیه شد و میان ۱۶ شرکت فعال در زمینه کشتی‌سازی و شناورسازی، برای کسب نظرات خبرگان صنعت، توزیع گردید. اهمیت نسبی (وزن فازی) هر شاخص بر اساس نتایج حاصل جمع‌آوری نظرات خبرگان، در قالب تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی در جدول ۲ آورده شده است.



شکل ۵ ساختار سلسله‌مراتبی معیارها و شاخص‌های ارزیابی خدمت‌رسانی مدل مرجع عملیات‌های زنجیره تأمین

جدول ۲ ضریب اهمیت نسبی شاخص‌های مورد استفاده برای ارزیابی قابلیت خدمت‌رسانی زنجیره‌های تأمین

رتبه	ضریب اهمیت نسبی	ضریب دیفازی شده	ضرایب اولیه	معیار/شاخص
(۴)	(۰/۱۵۰)	(۰/۳۰۴)	(۰/۰۹۴,۰/۳۳۲,۰/۷۷۲)	(R) قابلیت اطمینان
(۶)	(۰/۰۷۸)	(۰/۰۳۷)	(۰/۲۴۳,۰/۰۹۱,۰/۱۲۳)	(R۴) تکمیل کامل سفارش
(۲)	(۰/۱۹۶)	(۰/۳۹۴)	(۰/۰۲۱,۰/۰۲۸,۰/۰۴۴)	(F) انعطاف‌پذیری
(۱)	(۰/۲۴۵)	(۰/۲۶۵)	(۰/۲۲۵,۰/۰۰۹,۰/۰۰۱)	(F۱) پاسخ‌گویی
(۵)	(۰/۱۴۰)	(۰/۲۶۵)	(۰/۱۰۰,۰/۲۱۱,۰/۷۲۶)	(C) هزینه
(۳)	(۰/۱۸۸)	(۰/۲۶۵)	(۰/۱۸۸,۰/۲۵۳,۰/۱۴۶)	(C۱) کل هزینه لجستیک
			(۰/۲۲۰,۰/۲۷۵,۰/۲۵۲)	(C۲) بهره‌وری ارزش‌افزوده
			(۰/۰۹۱,۰/۴۹۰,۰/۱۶۳)	(A) دارایی
			(۰/۰۱۴,۰/۱۶۳,۰/۲۵۲)	(A۱) زمان چرخه نقد به نقد
			(۰/۱۱۰,۰/۲۱۶,۰/۲۲۶)	(A۲) روزهای تأمین موجودی

نتایج نشان می‌دهند که معیارهای دارای اولویت بیشتر در مدل مرجع عملیات‌های زنجیره تأمین به‌منظور ارزیابی قابلیت زنجیره‌های تأمین شناورسازی در افزایش رضایتمندی مشتریان به‌ترتیب عبارت‌اند از: «C: هزینه (۰/۳۹۴)»، «R: قابلیت اطمینان (۰/۳۰۴)»، «A: دارایی (۰/۲۶۵)» و «F: انعطاف‌پذیری (۰/۰۳۷)». سه اولویت اول شاخص‌ها برای استفاده در ارزیابی قابلیت زنجیره‌های تأمین در افزایش رضایتمندی مشتریان براساس ضریب اهمیت نسبی که با اجرای تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی مشخص شد، عبارت‌اند از: «C۲: بهره‌وری ارزش‌افزوده کارکنان (۰/۲۴۵)»، «C۱: کل هزینه مدیریت لجستیک (۰/۱۹۶)»، «A۲: روزهای تأمین موجودی (۰/۱۸۸)».

### ۳-۴- رتبه‌بندی زنجیره‌های تأمین شناورسازی براساس قابلیت خدمت‌رسانی

سه زنجیره تأمین شناورسازی (زنجیره تأمین A، زنجیره تأمین B و زنجیره تأمین C) برای اجرای الگوریتم پیشنهادی انتخاب شدند. برای این منظور، پرسشنامه‌ای تدوین شد که بخشی از آن توسط مدیران زنجیره تأمین و بخشی دیگر توسط مشتریان زنجیره‌های تأمین تکمیل شد. در این پرسشنامه، از پنج متغیر زبانی؛ «خیلی ناراضی»، «ناراضی»، «متوسط»، «راضی» و «خیلی راضی» برای اندازه‌گیری قابلیت زنجیره‌های تأمین در افزایش خدمت‌رسانی به مشتریان استفاده شد. ارزش میانگین فازی هر شاخص برای سه زنجیره تأمین شناورسازی



با ادغام نظرات پاسخ دهندگان در جدول ۳ خلاصه شده است.

**جدول ۳** ارزش میانگین فازی نظرات پاسخ دهندگان برای زنجیره‌های تأمین سه‌گانه بر اساس شاخص‌های انتخابی

شاخص	R4	F1	C1	C2	A1	A2
A	(۲۰/۲۲,۵۰,۸۰)	(۱۰/۷۷,۴۰/۱۱,۷۰/۱۱)	(۲۰/۱۶,۵۰,۸۰)	(۱۰,۲۰/۳۳,۵۰/۳۳)	(۲۰/۶۷,۵۰/۶۷,۸۰/۶۷)	(۲۰/۳۵,۵۰,۸۰)
B	(۱۰,۱۰/۸۹,۴۰/۸۹)	(۱۰/۱۱,۲۰/۵۶,۵۰/۵۶)	(۱۰/۶۷,۳۰,۶۰)	(۲۰/۳۳,۵۰,۸۰)	(۶۰,۹۰,۱۰۰)	(۳۰/۳۳,۶۰/۳۳,۹۰/۳۳)
C	(۱۰/۲۲,۳۰,۶۰)	(۲۰/۳۳,۵۰,۸۰)	(۱۰/۵۰,۴۰,۷۰)	(۱۰/۳۳,۳۰,۶۰)	(۳۰/۳۳,۶۰/۳۳,۹۰/۳۳)	(۲۰/۶۷,۵۰/۶۷,۸۰/۶۷)

سپس، نتایج عددی جداول ۲ و ۳ از طریق کامپیوتر به نرم افزار تصمیم‌گیری فازی وارد شد. این نرم افزار برپایه تکنیک TOPSIS فازی طراحی شده است. و داده‌ها را می‌توان به صورت متغیرهای زبانی، فازی یا قطعی به آن وارد نمود. نتایج حاصل از اجرای تکنیک TOPSIS فازی نشان می‌دهد که قابلیت زنجیره‌های تأمین شناورسازی مورد بررسی جهت خدمت‌رسانی و افزایش رضایتمندی مشتریان، زنجیره تأمین A (۸۳/۳)، زنجیره تأمین C (۸۳/۲) و زنجیره تأمین B (۷۸/۸۱) است.

#### ۴-۴- تحلیل نتایج

برای تدوین استراتژی در هر یک از زنجیره‌های تأمین شناورسازی به منظور افزایش قابلیت آن‌ها در ارائه خدمت به مشتریان و حداکثرسازی رضایتمندی آن‌ها، ابتدا باید وضعیت هر زنجیره تأمین در معیارهای چهارگانه مدل مرجع عملیات‌های زنجیره تأمین مشخص شود. جدول ۴ وضعیت و رتبه هر زنجیره تأمین شناورسازی را در معیارهای چهارگانه نشان می‌دهد. برای قطعی‌سازی مقادیر فازی هر معیار در هر زنجیره تأمین از فرمول ۸ که دیفازی‌کردن<sup>۱</sup> به روش مرکز ناحیه<sup>۲</sup> نام دارد، استفاده شد.

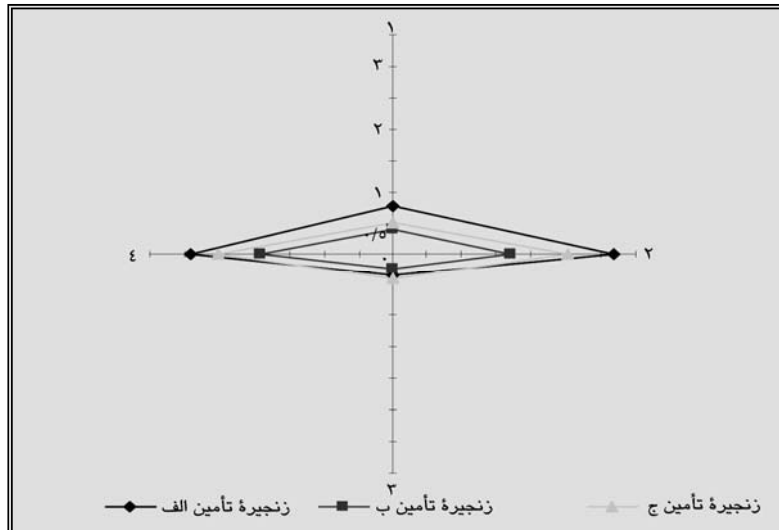
$$A = \frac{(u-l)+(m-l)}{3} + l \quad (۴)$$

1. Defuzzification
2. Center of Area

جدول ۴ ارزش فازی و قطعی معیارهای چهارگانه برای زنجیره‌های تأمین شناورسازی

زنجیره‌های تأمین/معیارها	قابلیت اطمینان (محور ۱)			انعطاف‌پذیری (محور ۲)			هزینه (محور ۳)			دارایی (محور ۴)		
	فازی	$\mu_{\tilde{a}}$	$\sigma_{\tilde{a}}$	فازی	$\mu_{\tilde{b}}$	$\sigma_{\tilde{b}}$	فازی	$\mu_{\tilde{c}}$	$\sigma_{\tilde{c}}$	فازی	$\mu_{\tilde{d}}$	$\sigma_{\tilde{d}}$
زنجیره تأمین A	۳/۳.۷/۵.۱۰/۲	۷/۶۱	۱	۱/۳۸.۳/۲.۵/۵۴	۳/۳۸	۲	۱۱/۸.۲۷/۲.۵۶/۴	۳۱/۸	۳	۱۴/۸.۲۳.۴۵/۸	۲۹/۲	۱
زنجیره تأمین B	۱/۵.۲/۸۳.۷/۳۳	۳/۸۸	۳	۰/۸۶.۹/۹۹.۴/۳۳	۲/۳۹	۳	۷/۳۸.۱/۴.۴۹/۲	۱۶/۸	۱	۱۲/۸.۱۶.۲۷/۸	۱۹	۳
زنجیره تأمین C	۱/۸۳.۴/۵.۹	۵/۱۱	۲	۱/۸۲.۳/۹.۶/۲۴	۳/۹۸	۱	۹/۷.۲۱/۴.۴۴/۳	۲۵/۱	۲	۱۳/۷.۲۰.۴۱/۳	۲۵/۲	۲

بر اساس نتایج حاصل از جدول ۴، می‌توان نقاط قوت و ضعف هر یک از زنجیره‌های تأمین شناورسازی را بروی نمودار چهار وجهی زیر شناسایی نمود (نمودار ۱) و نسبت به تدوین استراتژی اقدام کرد (جدول ۵).



نمودار ۱ نمودار اندازه خدمت‌رسانی زنجیره‌های تأمین مورد بررسی

جدول ۵ نقاط قوت، ضعف زنجیره‌های تأمین شناورسازی

زنجیره‌های تأمین	نقاط قوت	نقاط ضعف	استراتژی پیشنهادی
زنجیره تأمین A	- قابلیت اطمینان بالا - گردش خوب دارایی	- هزینه بالا	- بهبود بهره‌وری ارزش‌افزوده کارکنان - مدیریت هزینه لجستیک - بهبود واکنش‌پذیری و پاسخ‌گویی زنجیره تأمین
زنجیره تأمین B	- هزینه پایین	- قابلیت اطمینان ضعیف - انعطاف‌پذیری در تولید پایین - گردش دارایی کم	- تسریع در تکمیل سفارش - بهبود واکنش‌پذیری و پاسخ‌گویی زنجیره تأمین - کاهش روزهای تأخیر جهت تأمین موجودی - کاهش زمان پرداخت دیون
زنجیره تأمین C	- انعطاف‌پذیری و پاسخ‌گویی زنجیره تأمین	- قابلیت اطمینان ضعیف - هزینه بالا - گردش دارایی کم	- تسریع در تکمیل سفارش - بهبود بهره‌وری ارزش‌افزوده کارکنان - مدیریت هزینه لجستیک - کاهش روزهای تأخیر برای تأمین موجودی - کاهش زمان پرداخت دیون

### ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این تحقیق، محققین درصدد بودند تا از طریق ارائه الگوریتمی جهت اندازه‌گیری قابلیت زنجیره‌های تأمین در افزایش رضایتمندی مشتریان، عملکرد فعلی و موقعیت خدمت‌رسانی زنجیره‌های تأمین را در تقابل با یکدیگر شناسایی کرده و سپس برای دستیابی به وضعیت مطلوب اقدام به تدوین استراتژی کنند [۳۸]. براساس بررسی‌ها، بهترین مدل برای اندازه‌گیری قابلیت زنجیره‌های تأمین در خدمت‌رسانی به مشتریان و متعاقب آن شناخت عملکرد فعلی و موقعیت رقابتی زنجیره‌های تأمین، مدل مرجع عملیات‌های زنجیره تأمین می‌باشد که توسط مجمع زنجیره تأمین (SCC)<sup>۱</sup> ایجاد شده است. همچنین به دلیل استفاده زیاد از متغیرهای زبانی در تحلیل زنجیره‌های تأمین، عدم ارائه اطلاعات دقیق توسط مسئولان زنجیره‌های تأمین

1. Supply Chain Council

شرکت‌ها و کارایی بالای منطق فازی<sup>۱</sup> در تبدیل متغیرهای کیفی به متغیرهای کمی، در این الگوریتم از رویکرد فازی<sup>۲</sup> استفاده شد [۳۹].

معیارهای اصلی که در ساخت الگوریتم مدنظر بوده‌اند، عبارت‌اند از: ۱) ارزیابی و بهبود؛ ۲) ارزیابی جامع و ۳) انعطاف‌پذیری مدیریتی؛ ۴) رویکرد فازی. یکی از نوآوری‌ها و ویژگی‌های الگوریتم پیشنهادی، عمومی بودن و انعطاف‌پذیری آن می‌باشد؛ الگوریتم می‌تواند شاخص‌های مؤثر بر ارزیابی قابلیت خدمت‌رسانی زنجیره‌های تأمین هر صنعت را مشخص سازد. در طراحی الگوریتم پیشنهادی چند هدف مدنظر قرار گرفته است، از جمله: تعیین میزان خدمت‌رسانی یک زنجیره تأمین، نمایش وضعیت استراتژیک یک زنجیره تأمین نسبت به دیگر زنجیره‌های تأمین، بررسی عملکرد فعلی زنجیره تأمین و ارائه چارچوبی برای تعیین اهداف و تدوین استراتژی. به دلیل حساسیت فوق العاده زیاد شرکت‌های راهبر زنجیره‌های تأمین بر روی اطلاعات عددی و هزینه‌ای، کسب این چنین اطلاعاتی، بدون تردید امری بسیار دشوار و گاهی اوقات غیرممکن است؛ اما با استفاده از منطق فازی که در این الگوریتم پیش‌بینی شده است، می‌توان بدون برانگیختن حساسیت مدیران زنجیره‌های تأمین، اطلاعاتی را درباره وضعیت هزینه‌ها و وضعیت عملکردی زنجیره تأمین به دست آورد. همچنین در ساخت الگوریتم پیشنهادی، از چندین تکنیک شناخته شده تحقیق در عملیات برای پیاده‌سازی آن استفاده گردیده است؛ لذا این الگوریتم، ویژگی موردنظر (خدمت‌رسانی) را به‌درستی اندازه‌گیری می‌نماید.

براساس نتایج تحقیق حاضر، چندین موضوع پژوهشی را می‌توان پیشنهاد نمود، از جمله: پیاده‌سازی و اجرای الگوریتم پیشنهادی در زنجیره‌های تأمین سایر صنایع، به منظور شناسایی قابلیت زنجیره‌های تأمین در خدمت‌رسانی و افزایش رضایتمندی مشتریان، به‌کارگیری یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندهدفه برای اولویت‌بندی آرمان‌های عملکرد زنجیره‌های تأمین پس از شناسایی عملکرد فعلی و تعیین موقعیت رقابتی، به‌کارگیری یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندهدفه برای اولویت‌بندی آرمان‌های عملکرد زنجیره‌های تأمین محصول کشتی موردبررسی در این تحقیق، و اولویت‌بندی آرمان‌های عملکرد یک زنجیره تأمین با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند هدفه.

1. Fuzzy logic  
2. Fuzzy approach

## ۶- منابع

- [۱] استدلر ه.، کیلگر ک.؛ «مدیریت زنجیره تأمین و برنامه‌ریزی پیشرفته»، ترجمه: نسرین عسگری و رضا زنجیرانی فراهانی، انتشارات ترمه، تهران، ۱۳۸۲.
- [2] Bhathagar R., Sohal A.S.; "Supply chain competitiveness: measuring the impact of location factors, uncertainty and manufacturing practices"; *Technovation*, Vol.25, No.5, 2005.
- [3] Sahay B.S., Gupta F.N.D., "Mohan R.; Managing supply chains for competitiveness: the Indian scenario, Supply Chain Management"; *An International Journal*, Vol.11, No.1, 2006.
- [4] Hulsmann M., Grapp J., Li Y.; "Strategic adaptively in global supply chains-competitive advantage by autonomous cooperation"; *Int .J. Production Economics*, Vol.111, No.1, 2008.
- [5] Shepherd C., Gunter H.; "Measuring supply chain performance: current research and future directions"; *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol.55, No.3/4, 2006.
- [6] Forslund H.; "The impact of performance management on customers' expected logistics performance"; *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.27, No.8, 2007.
- [7] Chan F.T.S., Qi H.F.; "An innovative performance measurement method for supply chain management"; *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol.8, No.3, 2003.
- [8] Theeranuphattana A., Tang J.C.S.; "A conceptual model of performance measurement for supply chains: alternative considerations"; *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol.19, No.1, 2008.
- [9] Dessler G.; "Human resource management (8th ed) "; New Jersey: *Prentice-Hall*, 2000.
- [10] Stewart G.; "Supply chain performance benchmarking study reveals keys to

- supply chain excellence”; *Logistics Information Management*, Vol.8, No.2, 1995.
- [11] Stephens S.; “The supply chain council and the supply chain operations reference (SCOR) model: integrating processes performance measurement”; *Technology and Best Practice: Logistics Spectrum*, 2000.
- [12] Geary S.; “Top performance cut total supply chain costs, in: Wood, J.A., Marien”; E.J.(eds), *The Supply Chain Yearbook*, McGraw-Hill: New York, 2001.
- [13] Bellman R.E., Zadeh L.A.; “Decision-making in a fuzzy environment”; *Management Science*, Vol.17, No.4, 1970.
- [14] Chiu Y. C., Chen B., Shyu J.Z., Tzeng G.H.; “An evaluation model of new product launch strategy”; *Technovation*, Vol. 26, No. 11, 2006.
- [15] Hsieh T.Y., Lu S.T., Tzeng G.H.; “Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings”; *International Journal of Project Management*, Vol. 22, No. 7, 2004.
- [16] Lee A.H., Chen W.C., Chang C.J.; “A fuzzy AHP and BSC approach for evaluation performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan”; *Expert Systems with Applications*, Vol.34, No.1, 2008.
- [17] Wang T.C., Chang, T.H.; “Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment”; *Expert Systems with Applications*, Vol.33, No.4, 2007.
- [18] Saiz J.J.A., Bas A.O., Radriguez R.R.; “Performance measurement system for enterprise networks”; *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol.56, No.4, 2007.
- [19] Waggoner D.B., Neely A.D., Kennerley M.P.; “The forces that shape organizational performance measurement systems: an interdisciplinary review”; *International Journal of Production Economics*, Vol.60, No.1, 1999.
- [20] Aramyan L.H., Lansink A., Vorst F., Kooten O.V.; “Performance measurement

- in agri-food supply chains: a case study”; *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol.12, No.4, 2007.
- [21] Gunasekaran A., Patel C., McGaughey R.E.; “A framework for supply chain performance measurement”; *Int. J. Production Economics*, Vol.87, No.3, 2004.
- [22] Beamon M.B.; “Measurement supply chain performance”; *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.19, No.3, 1999.
- [23] Gunasekaran A., Patel C., Tirtiroglu E.; “Performance measurement and metrics in a supply chain environment”; *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.21, No.1/2, 2001.
- [24] Bhagwat R., Sharma M.K.; “Performance measurement of supply chain management: a balanced scorecard approach”; *Computers & Industrial Engineering*, Vol.53, No.1, 2007.
- [25] Lai K.H., Ngai E.W.T., Cheng T.C.E.; “Measures for evaluating supply chain performance in transport logistics”; *Transportation Research part E*, Vol.38, No.6, 2002.
- [26] Altekar R. V.; Supply chain management, New Dehli, Prentice-Hall of India; 2005.
- [27] Huang S.H., Sheoran S.K., Keskar H.; “Computer-assisted supply chain configuration based on supply chain operations reference(SCOR) model”; *Computers & Industrial Engineering*, Vol.45, No.3, 2005.
- [28] Huang S.H., Sheoran S.K., Wang G.; “A review and analysis of supply chain operations references (SCOR) model”; *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol.9, No.1, 2004.
- [29] Qi C.; “A review of performance measurement systems for supply chain management”; *International Journal of Business Performance Management*, Vol.8, No.2/3, 2006.
- [30] Zadeh L. A.; “Fuzzy sets”; *Information and Control*, Vol. 8, No. 3, 1965.
- [31] Dubois D., Prade H.; “Operations on fuzzy numbers”; *International Journal of*

*System Sciences*, Vol. 9, No. 6, 1978.

[32] Zadeh L. A.; "The concept of a linguistic variables and its application to approximate reasoning"; *Information Science*, Vol. 8, No. 3, 1975.

[۳۳] آذرع، فرجی ح؛ «علم مدیریت فازی»، مرکز مطالعات و بهره‌وری ایران (وابسته به دانشگاه تربیت مدرس)، تهران، ۱۳۸۱.

[34] Saaty T. L.; *The analytic hierarchy process*, New York: McGraw-Hill, 1980.

[35] Saaty T. L.; *Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process*, PA:RWS Publications, Pittsburgh, 1994.

[36] Buckley J.J.; "Fuzzy hierarchical analysis"; *Fuzzy Sets and Theory*, Vol.7, No.3, 1985.

[37] Opricovic S., Tzeng G. H.; "Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS"; *European Journal of Operational Research*, Vol.156, No.2, 2004.

[38] Lummus R.R., Vokurka R.J., Alber K.L.; "Strategic supply chain planning"; *Production and Inventory Management Journal*, Vol.39, No.3, 1998.

[39] Wang J., Shu Y.F.; "Fuzzy decision making for supply chain management"; *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.150, No.1, 2005.